

# 证 明

REC'D 17 DEC 2003

WIPO

PCT

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2002 10 28

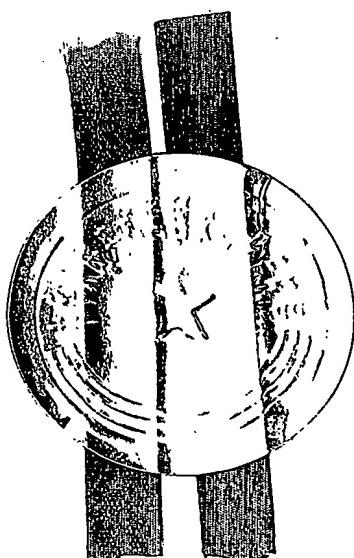
申 请 号： 02 1 46614.9

申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 一种含稀土 Y 型沸石的石油烃裂化催化剂及其制备方法

申 请 人： 中国石油化工股份有限公司； 中国石油化工股份有限公司  
石油化工科学研究院

发明人或设计人： 杜军； 李峥



## PRIORITY

## DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

中华人民共和国  
国家知识产权局局长

王景川

2003 年 11 月 25 日

Post Available Copy

# 权利要求书

1、一种含稀土 Y 型沸石的石油烃裂化催化剂，其特征在于所说的稀土 Y 型沸石中，以 RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>计，晶内稀土含量为 4~15 重%，晶胞常数为 2.450~2.458nm，差热崩塌温度 1000~1056℃。

2、按照权利要求 1 所说的催化剂，其特征在于所说的稀土 Y 型沸石中，以 RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>计，晶内稀土含量为 6~12 重%，晶胞常数优选 2.452~2.456 nm，硅铝比为 8.3~8.8，氧化钠含量小于 1.0 重%

3、按照权利要求 2 所说的催化剂，其特征在于所说的稀土 Y 型沸石氧化钠含量小于 0.5 重%。

4、按照权利要求 1 所说的催化剂，其特征在于所说的稀土 Y 型沸石含量为 10~50 重%。

5、按照权利要求 4 所说的催化剂，其特征在于所说的稀土 Y 型沸石含量为 15~40 重%。

6、按照权利要求 5 所说的催化剂，其特征在于所说的稀土 Y 型沸石含量为 15~35 重%。

7、按照权利要求 1 所说的催化剂，其特征在于含有与所说的稀土 Y 型沸石重量比为 0.01~0.5 的 MFI 结构沸石。

8、权利要求 1 所述石油烃裂化催化剂的制备方法，其特征在于该方法含有如下步骤：

(1) 将含稀土的 Y 型沸石进行干燥处理，使其水含量低于 10 重% 后，按照四氯化硅：Y 型沸石 = 0.1~0.9:1 的重量比，通入干燥空气携带的四氯化硅气体，在温度 150~600℃ 下，反应 10 分钟至 6 小时，反应后，用干燥空气吹扫 5 分钟至 2 小时，用脱阳离子水洗涤除去沸石中残存的 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、Al<sup>3+</sup> 等可溶性副产物。

(2) 将 10~50 重% 步骤 (1) 得到的稀土 Y 型沸石、10~60 重% 的粘结剂和 2~75 重% 的粘土混合打浆，喷雾干燥成型。

9、按照权利要求 8 所说的方法，其特征在于步骤 (1) 中所说的含稀土的 Y 型沸石选自 REHY、REY 的工业产品或 NaY 沸石经稀土交换后经或不经干燥所得的产物。

10、按照权利要求 9 所说的方法，其特征在于所说的 REHY 工业产品的稀土含量以 RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 计为 6~14 重%，Na<sub>2</sub>O 含量大于 4 重%。

11、按照权利要求 9 所说的方法，其特征在于所说的 REY 工业产品的稀土含量以 RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 计为 10~20 重%，Na<sub>2</sub>O 含量大于 2 重%。

12、按照权利要求 9 所说的方法，其特征在于所说的 NaY 沸石经稀土交换的过程是：将硅铝比大于 3.5 的 NaY 沸石与氯化稀土水溶液按照  $\text{NaY: REC}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 1: 0.1 \sim 0.25: 5 \sim 10$  的重量比，在  $\text{pH} > 3.5$ ，温度  $80 \sim 90^\circ\text{C}$  的条件下，进行稀土交换 30~60 分钟。

13、按照权利要求 8 所说的方法，其特征在于步骤（1）中所说的含稀土 Y 型沸石进行干燥处理后的水含量低于 5 重%。

14、按照权利要求 8 所说的方法，其特征在于步骤（1）中所说的反应温度为  $200 \sim 500^\circ\text{C}$ 。

15、按照权利要求 8 所说的制备方法，其特征在于所说的稀土 Y 型沸石为 15~40 重%。

16、按照权利要求 8 所说的制备方法，其特征在于所说的粘结剂为 15~40 重%。

17、按照权利要求 8 所说的制备方法，其特征在于所说的粘土为 20~60 重%。

18. 按照权利要求 8 或 16 所说的制备方法，其特征在于所说的粘结剂选自拟薄水铝石、铝溶胶、硅溶胶、磷铝胶之中的一种或其中两种或两种以上的组合。

19、按照权利要求 18 所说的制备方法，其特征在于所说的粘结剂为拟薄水铝石和铝溶胶的双铝粘结剂，它们的重量比为 10~40: 0~30。

20、按照权利要求 19 所说的制备方法，其特征在于所说的拟薄水铝石和铝溶胶的重量比为 15~25: 2~25。

21、按照权利要求 19 或 20 所说的制备方法，其特征在于所说的采用双铝粘结剂时，酸化拟薄水铝石的酸铝重量比为 0.1~0.6。

22、按照权利要求 21 所说的制备方法，其特征在于所说的酸铝重量比为 0.2~0.35。

23、按照权利要求 8 或 17 所说的制备方法，其特征在于所说的粘土为裂化催化剂基质常用的粘土。

24、按照权利要求 23 所说的制备方法，其特征在于所说的粘土选自高岭土、多水高岭土、蒙脱土、硼润土或海泡石中的一种。

# 说 明 书

一种含稀土 Y 型沸石的石油烃裂化催化剂及其制备方法

## 技术领域

本发明是关于一种石油烃裂化催化剂及其制备方法，更进一步地说是关于一种含稀土 Y 型沸石的石油烃裂化催化剂及其制备方法。

## 背景技术

随着原料油的日益变重，环保意识的不断增强，对烃类加工产品质量的要求越来越苛刻。80 年代汽油无铅化的进程促进了催化裂化工艺和催化剂的发展，高硅 Y 型沸石及各种高辛烷值的催化剂和助剂应运而生，把廉价的重油转化成高附加值的轻质产品。

劣质渣油的加工一直是炼油界所关注的问题，如何在加工劣质渣油的基础上，生产出烯烃含量少，硫含量少、环境友好的燃料，这是当前急待解决的重大问题。

自 USP3293192 及 in Society of Chemical Engineering(London) Monograph Molecular Sives, P.186 (1968) by C.V .MC. Daniel and P.K. Maher 提出水热脱铝法制备高硅 Y 型沸石以来，水热法制备高硅 Y 型沸石一直被广泛应用。US3,442,715 提出脱铝 Y 型沸石 (DAY)、US3,449,070 提出超稳 Y 型沸石 (USY)、US4,51,694 和 US4,401,556 提出超稳疏水性 Y 型沸石等等。由于超稳 Y 型沸石 (USY) 硅铝比高、水热稳定性好、氢转移活性低、焦炭选择性好，能加工重油制备高辛烷值催化剂而得到广泛应用和发展。

但是随着重油加工的深入发展，高硅超稳 Y 型沸石仅仅依靠其硅铝比高、水热稳定性好、氢转移活性低的特性，已不能适应重油的日益劣质化，不能满足环境保护对催化裂化清洁燃料的需求。这就迫切需要解决在生产催化剂中，既要沸石水热稳定性好，又要活性水平高，同时又具备良好的氢转移活性及焦炭选择性，而且在加大重油转化能力的同时，能有效降低汽油中的烯烃和硫含量。

为了提高高硅 Y 型沸石的活性水平，US4,840,724 采用稀土离子交换的方法，以有效提高超稳 Y 型沸石中的稀土含量。但是由于水热法制备高硅 Y 型沸石 (USY) 工艺是多次水热交换，多次高温焙烧，在脱铝补硅过程中，产生许多脱铝空穴，而这些空穴又不能及时被骨架上迁移出的硅补上，往往

造成沸石的晶格塌陷，由此所产生的 Si、Al 碎片易堵塞沸石的孔道，不易被清除，至使其稀土离子的交换度不高。经几交几焙高温处理后，稀土超稳 Y 型沸石 REUSY 中，稀土含量以  $\text{RE}_2\text{O}_3$  表示，最高  $\text{RE}_2\text{O}_3$  含量仅为 3 重% 左右，远远满足不了深度加工劣质原料油的要求。

针对这一缺陷，人们又利用 NaY 沸石交换容量大的特点，采用多次交换稀土离子和多次高温焙烧的方法，来提高沸石中的稀土含量，制备出高稀土含量的 REHY 和 REY，沸石中的  $\text{RE}_2\text{O}_3$  含量提高到 8~20 重% 左右，能满足提高沸石氢转移活性的要求。

但是 REHY 和 REY 沸石存在着一个致命的缺陷，就是初始晶胞大，硅铝比低。一般晶胞常数为 2.470nm 左右，造成所制备的催化剂的氢转移初活性高，在装置中易失活，水热稳定性差。在生产过程中往往出现催化剂活性水平迅速下降，氢转移初活性丧失，焦炭选择性差，需要大量不断地增补新鲜剂以维持活性水平。造成催化剂损耗大，焦炭产率高，装置操作不平稳；不能很好的深度加工劣质原料油，达不到生产环境友好燃料及降低汽油中烯烃的目的。

## 发明内容

本发明的目的是针对上述现有技术的不足，提供一种适合加工劣质原料油，能生产环境友好燃料、降低汽油烯烃含量的含稀土 Y 型沸石的石油烃裂化催化剂并提供该催化剂的制备方法。

本发明提供的含稀土 Y 型沸石的石油烃裂化催化剂，特征在于其中所说的稀土 Y 型沸石，以  $\text{RE}_2\text{O}_3$  计，晶内稀土含量为 4~15 重%，晶胞常数为 2.450~2.458nm，差热崩塌温度 1000~1056℃。

本发明提供的催化剂中，所说的稀土 Y 型沸石含量为 10~50 重%，优选 15~40 重%，更优选 15~35 重%。

本发明提供的催化剂中所说的稀土 Y 型沸石，本发明人在申请号为 01115613.9 的申请中对其进行了描述。其以  $\text{RE}_2\text{O}_3$  计，晶内稀土含量优选 6~12 重%，晶胞常数优选 2.452~2.456nm，该沸石具有较高的骨架硅铝比，硅铝比为 8.3~8.8，氧化钠含量小于 1.0 重%，最好为 0.5 重%。

本发明提供的催化剂中，所说的稀土 Y 型沸石克服了 REUSY 沸石稀土离子交换度低和 REY、REHY 初始晶胞大的缺陷，不但具有 REUSY 初始晶胞小、硅铝比高、水热稳定性好的优点，而且具有 REY 和 REHY 稀土含量

高、氢转移活性好的优点。

本发明所提供的催化剂中，还可以加入 MFI 结构的沸石作为活性组分，所说的 MFI 结构分子筛为选自 ZSM-5 或与其同属 MFI 结构中的一种或多种的分子筛，如 CN1052290A、CN1058382A、CN1147420A、CN1194181A 中所公开的含稀土的五元环高硅沸石（简记为 ZRP）。该沸石是以含（以氧化物计）稀土 2~23 重% 和含钠低于 5.0 重% 的 REY 或 REHY 沸石为晶种合成的。所说的 MFI 结构沸石的加入量与稀土 Y 型沸石的重量比为 0.01~0.5。

本发明还提供了该含稀土 Y 型沸石的石油烃裂化催化剂的制备方法，其特征在于该方法含有如下步骤：

(1) 将含稀土的 Y 型沸石进行干燥处理，使其水含量低于 10 重% 后，按照四氯化硅：Y 型沸石 = 0.1~0.9：1 的重量比，通入干燥空气携带的四氯化硅气体，在温度 150~600℃ 下，反应 10 分钟至 6 小时，反应后，用干燥空气吹扫 5 分钟至 2 小时，用脱阳离子水洗涤除去沸石中残存的  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Al}^{3+}$  等可溶性副产物。

(2) 将包括 10~50 重%、优选 15~40 重% 的步骤 (1) 得到的稀土 Y 型沸石，10~60 重%、优选 15~40 重% 的粘结剂和 2~75 重%、优选 20~60 重% 的粘土在内的原料混合打浆，喷雾干燥成型。

本发明所提供的制备方法中，步骤 (1) 为所说的稀土 Y 型沸石的制备过程，本发明人在申请号为 01115612.0 的申请中对该过程进行了描述，该过程是利用  $\text{SiCl}_4$  气相化学法，充分发挥了气态物质易于扩散的特性，将动力学半径为 0.687nm 的  $\text{SiCl}_4$  以气态形式引入沸石孔道内，有效结合  $\text{NaY}$  沸石离子交换容量大的特性进行脱铝补硅同晶取代反应。

在步骤 (1) 中所说的含稀土的 Y 型沸石原料，可以是工业上普遍采用的 REY 和 REHY 沸石，也可以是  $\text{NaY}$  沸石经稀土交换后所得的产物。

一般地说，所说的 REHY 沸石，其稀土含量以  $\text{RE}_2\text{O}_3$  计为 6~14 重%， $\text{Na}_2\text{O}$  含量大于 4 重%；所说的 REY 沸石，其稀土含量以  $\text{RE}_2\text{O}_3$  计为 10~18 重%， $\text{Na}_2\text{O}$  含量大于 2 重%；所说的  $\text{NaY}$  沸石经稀土交换的过程如下：采用硅铝比大于 3.5 的  $\text{NaY}$  沸石与氯化稀土水溶液按照  $\text{NaY} : \text{REC}_{13} : \text{H}_2\text{O} = 1 : 0.1 \sim 0.25 : 5 \sim 15$  的重量比，在  $\text{pH} > 3.5$ ，温度 80~90℃ 的条件下，进行稀土交换 30~60 分钟，经或不经干燥得到。

本发明所说的催化剂的制备方法中，步骤 (1) 中所说的稀土 Y 型沸石所

用的 REHY、REY 原料或经氯化稀土水溶液交换后的 NaY 沸石，它们在反应前都须经过干燥处理，使其水含量<10 重%，最好为<5 重%。

本发明提供的催化剂的制备方法中，步骤（2）中所说的粘结剂选自拟薄水铝石、铝溶胶、硅溶胶、磷铝胶中的一种或是以其中两个或两个以上的组合，其中优选双铝粘结剂，其中的拟薄水铝石与铝溶胶的重量比例为 10~40:0~30，优选 15~25: 2~25。在使用双铝粘结剂时，酸化拟薄水铝石的酸铝重量比为 0.1~0.6: 1、优选 0.2~0.35: 1，一般为加入盐酸酸化，在 40~90℃老化 0.5~6 小时，经酸化老化后，拟薄水铝石可与铝溶胶或磷铝胶混合使用。

本发明提供的催化剂的制备方法中，所说的粘土是裂化催化剂基质常用的粘土，如高岭土、多水高岭土、蒙脱土、膨润土或海泡石等。

本发明提供的制备方法中，所说的催化剂是将包括沸石、粘土、粘结剂等在内的原料，经常规方法混合打浆，均质后，在入口温度 550~600℃、出口温度 250~300℃条件下，喷雾干燥成型的。

本发明提供的催化剂，与现有技术采用 REUSY、REHY、REY 以及 P-REHY 为活性组分的催化剂相比，具有活性好、水热稳定性高、重油转化能力强，汽油、干气、焦炭选择性好的特点；由于具有良好的氢转移活性，所得产物汽油中的烯烃含量可有效降低；较现有技术制备的用于重油和降烯烃催化剂，可降低 5~25% 的沸石用量。

本发明提供的催化剂可用于加工各种原料油，特别是用于对劣质原料油的加工。

## 附图说明

图为催化剂经老化后 BET 比表面变化图。

## 具体实施方式

下面的实例将对本发明作进一步的说明。

在实例中，样品的  $\text{RE}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量用荧光分析法测定；比表面和孔体积是用低温氮吸附法测定。

轻油微反评价以 235~335℃大港轻柴油为原料，剂油比 3.2，重量空速  $16\text{h}^{-1}$ ，温度为 460℃。

重油微反评价条件为：反应温度 482℃ 剂油比 4。

实例 1~5 说明本发明提供的催化剂中的稀土 Y 型沸石的制备过程和物化参数。

### 实例 1

将固含量为 85% 的 NaY 沸石(齐鲁石化公司周村催化剂厂, 硅铝比为 4.0, 晶胞常数为 2.473nm, 氧化铝为 24.8%, 氧化钠为 16%), 在 80—90℃ 条件下, 按  $\text{NaY:RECl}_3:\text{H}_2\text{O}=1:0.21:10$  的比例, 进行稀土交换 60 分钟, 干燥为含水量为<10%, 使  $\text{RE}_2\text{O}_3$  的含量为 16%, 其中  $\text{La}_2\text{O}_3$  为 4.16%,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  为 8.16%, 其它稀土氧化物的含量为 3.68%。按  $\text{NaY: SiCl}_4=1: 0.4$  的比例, 用干燥空气携带  $\text{SiCl}_4$  于 450℃ 反应 120 分钟, 用干燥空气吹扫 20 分钟后, 洗涤过滤, 以除去沸石中的  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Na}^+$ , 得到样品, 编号为 RHSY—1。其物化性质列于表 1 中。

### 实例 2

将固含量为 75% 的 NaY 沸石(齐鲁石化公司周村催化剂厂, 硅铝比为 5.05, 晶胞常数为 2.466nm, 氧化铝为 21.2%, 氧化钠为 15.8%), 在 80—95℃ 条件下, 按  $\text{NaY:RECl}_3:\text{H}_2\text{O}=1:0.25:10$  的比例, 进行稀土交换 40 分钟, 过滤、洗涤, 干燥、脱水。按  $\text{NaY: SiCl}_4=1: 0.25$  的比例, 用干燥空气携带  $\text{SiCl}_4$  于 550℃ 反应 60 分钟, 用干燥空气吹扫 120 分钟后, 洗涤过滤, 得到样品, 编号 RHSY—2。其物化性质列于表 1 中。

### 实例 3

取 REHY (齐鲁石化公司周村催化剂厂,  $\text{RE}_2\text{O}_3$  含量 13.4%, 其中  $\text{La}_2\text{O}_3$  为 12.7 重%,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  为 2.7 重%, 其它稀土氧化物的含量为 1.9 重%, 沸石的晶胞常数为 2.469nm, 差热差热崩塌温度为 985℃,  $\text{Na}_2\text{O}$  含量为 4.4 重%) 放入反应器中, 干燥至水含量小于 5%, 按  $\text{REHY: SiCl}_4=1: 0.7$  的比例, 用干燥空气携带  $\text{SiCl}_4$  于 350℃ 反应 3 小时, 用干燥空气吹扫 60 分钟后, 洗涤过滤, 得到样品, 编号 RHSY—3。其物化性质列于表 1 中。

#### 实例 4

将固含量为 85% 的 NaY 沸石(齐鲁石化公司周村催化剂厂, 硅铝比为 4.0, 晶胞常数为 2.473nm, 氧化铝为 24.8%, 氧化钠为 16%), 在 80—90℃条件下, 按  $\text{NaY}:\text{RECl}_3:\text{H}_2\text{O}=1:0.21:10$  的比例, 进行稀土交换 60 分钟, 干燥为含水量为<7%, 使  $\text{RE}_2\text{O}_3$  的含量为 16%, 其中  $\text{La}_2\text{O}_3$  为 4.16%,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  为 8.16%, 其它稀土氧化物的含量为 3.68%。按  $\text{NaY}:\text{SiCl}_4=1:0.5$  的比例, 用干燥空气携带  $\text{SiCl}_4$  于 300℃反应 5 小时, 用干燥空气吹扫 20 分钟后, 洗涤过滤, 得到样品, 编号 RHSY-4。其物化性质列于表 1 中。

#### 实例 5

将固含量为 85% 的 REY 沸石(齐鲁石化公司周村催化剂厂生产,  $\text{RE}_2\text{O}_3$  含量 18.8%, 其中  $\text{La}_2\text{O}_3$  为 14.8 重%,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  为 2.9 重%, 其它稀土氧化物的含量为 1.1 重%, 沸石的晶胞常数为 2.469nm, 差热差热崩塌温度为 980℃,  $\text{Na}_2\text{O}$  含量为 2.7 重%), 放入反应器中, 干燥至水含量小于 5%, 按  $\text{REY}:\text{SiCl}_4=1:0.8$  的比例, 用干燥空气携带  $\text{SiCl}_4$  于 350℃反应 120 分钟, 用干燥空气吹扫 20 分钟后, 洗涤过滤, 得到样品, 编号 RHSY-5。其物化性质列于表 1 中。

表 1

实例	沸石 编号	晶胞常数 nm	$\text{RE}_2\text{O}_3$ w%	$\text{Na}_2\text{O}$ w%	DTA ℃
1	RHSY-1	2.450	4	0.48	1010
2	RHSY-2	2.455	7	0.43	1020
3	RHSY-3	2.455	8.9	0.35	1016
4	RHSY-4	2.457	10	0.49	1018
5	RHSY-5	2.454	11.8	0.43	1020

以下实例说明本发明提供的催化剂的制备过程。

#### 实例 6

将苏州高岭土 2.0 公斤(中国高岭土公司生产, 固含量 83%)加入到 10.7 公斤脱阳离子水中, 搅拌 1.5 小时, 再加入拟薄水铝石(山东铝厂生产, 固

含量 65%) 0.8 公斤搅拌 1 小时, 加入 0.036L HCl(工业级)搅拌 10 分钟, 升温 60℃, 老化 1 小时, 再加入 2 公斤的铝溶胶(山东齐鲁公司催化剂厂生产, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量为 21.5%), 搅拌 1 小时, 加入实例 1 中制备的稀土 Y 型沸石 RHSY-1 1.8 公斤(固含量 80%), 搅拌 0.5 小时, 喷雾干燥成型, 催化剂样品记为 RC-1。催化剂性能列于表 2 中。

### 对比例 1

本对比例说明 Y 型分子筛为 REUSY 时催化剂的制备过程。

将苏州高岭土 2.1 公斤(中国高岭土公司生产, 固含量 83%)加入到 10.7 公斤脱阳离子水中, 搅拌 1.5 小时, 再加入拟薄水铝石(山东铝厂生产, 固含量 65%) 0.65 公斤搅拌 1 小时, 加入 0.036L HCl(工业级)搅拌 10 分钟, 升温 60℃, 老化 1 小时, 再加入 2 公斤的铝溶胶(山东齐鲁公司催化剂厂生产, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量为 21.5%), 搅拌均匀, 加入混合氯化稀土溶液 (RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 浓度 285g/l), 加入氨水调 PH 为 3 左右, 搅拌 0.5 小时, 加入分子筛 REUSY(山东齐鲁公司催化剂厂生产, 晶胞常数为 2.450nm, RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为 3w%, Na<sub>2</sub>O 为 1.0w%, 固含量 78%), 1.3 公斤, 混合搅拌 0.5 小时, 喷雾干燥成型, 催化剂样品记为 DM-1。催化剂性能列于表 3 中。

### 实例 7

将苏州高岭土 1.9 公斤(中国高岭土公司生产, 固含量 83%)加入到 20 公斤脱阳离子水中, 搅拌 1.5 小时, 再加入拟薄水铝石(山东铝厂生产, 固含量 65%) 1.5 公斤搅拌 1 小时, 加入: 0.036L 的 HCl (工业级), 搅拌 10 分钟, 升温 60℃, 老化 1 小时, 加入实例 2 制备的 1.9 公斤稀土 Y 型沸石 RHSY-2 (固含量 75%), 搅拌 0.5 小时, 喷雾干燥成型, 催化剂样品记为 RC-2。催化剂性能列于表 2 中。

### 对比例 2

本对比例说明 Y 型分子筛为 REHY 和 REUSY 时催化剂的制备过程。

将苏州高岭土 9.3 公斤(中国高岭土公司生产, 固含量 83%)加入到 16 公斤脱阳离子水中, 搅拌 1 小时, 再加入拟薄水铝石(山东铝厂生产, 固含量 65%) 1.2 公斤搅拌 1 小时, 加入 0.16L HCl(工业级)搅拌 10 分钟, 升温 60℃, 老化 1 小时, 再加入 1.9 公斤的铝溶胶(山东齐鲁公司催化剂厂生产,

$\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 21.5%），搅拌 0.5 小时，加入 5.1 公斤水热法制备并交换制得的分子筛 REHY（山东齐鲁公司催化剂厂生产，晶胞常数为 2.469nm， $\text{RE}_2\text{O}_3$  为 8.8w%， $\text{Na}_2\text{O}$  为 4.2w%），再加入 2.7 公斤分子筛 REUSY（山东齐鲁公司催化剂厂生产，晶胞常数为 2.450nm， $\text{RE}_2\text{O}_3$  为 3w%， $\text{Na}_2\text{O}$  为 1.0w%，固含量 78%），混合搅拌 0.5 小时，喷雾干燥成型，用脱阳离子水洗涤后，催化剂样品记为 DM-2。催化剂性能列于表 3 中。

### 实例 8

将苏州高岭土 1.7 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 83%）加入到 15 公斤脱阳离子水中，搅拌 1 小时，再加入 4 公斤的铝溶胶（山东齐鲁公司催化剂厂生产， $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 21.5%），搅拌 1 小时，加入实例 3 制备的 1.4 公斤稀土 Y 型沸石 RHSY-3（固含量 85%， $\text{RE}_2\text{O}_3$  为 8.9w%， $\text{Na}_2\text{O}$  为 0.48w%，差热崩塌温度 1015°C），搅拌 0.5 小时，喷雾干燥成型，催化剂样品记为 RC-3。催化剂性能列于表 2 中。

### 实例 9

将苏州高岭土 1.2 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 83%）加入到 24 公斤脱阳离子水中，搅拌 1.5 小时，加入拟薄水铝石（山东铝厂生产，固含量 65%）1.2 公斤搅拌 1 小时，加入 0.04L HCl（工业级）搅拌 10 分钟，升温 60°C，老化 1 小时，再加入 1.9 公斤的铝溶胶（山东齐鲁公司催化剂厂生产， $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 21.5%），搅拌 0.5 小时，加入实例 4 制备的 1.5 公斤稀土 Y 型沸石 RHSY-4（固含量 78%），搅拌 1 小时，喷雾干燥成型，催化剂样品记为 RC-4。催化剂性能列于表 2 中。

### 对比例 3

本对比例说明分子筛为 P-REHY 和 ZRP、粘结剂为铝溶胶和拟薄水铝石的对比催化剂的制备过程。

将苏州高岭土 1.6 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 83%）加入到 21 公斤脱阳离子水中，搅拌 1 小时，再加入拟薄水铝石（山东铝厂生产，固含量 65%）1.2 公斤搅拌 1 小时，加入 0.04L HCl（工业级）搅拌 10 分钟，升温 60°C，老化 1 小时，再加入 1.9 公斤的铝溶胶（山东齐鲁公司催化剂厂生产，

$\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 21.5%），搅拌 1 小时，加入磷稀土氢 Y 沸石 P-REHY-1（山东齐鲁公司催化剂厂生产，晶胞常数为 2.469nm， $\text{RE}_2\text{O}_3$  为 8.2w%， $\text{Na}_2\text{O}$  为 1.1w%， $\text{P}_2\text{O}_5$  为 2.4w%，固含量 85%）1.8 公斤，再加入 ZRP 择型分子筛 0.09 公斤（山东齐鲁公司催化剂厂生产，固含量 90%， $\text{Si}/\text{Al}$  50， $\text{Na}_2\text{O} < 1$  w%）混合搅拌 1 小时，喷雾干燥成型，用脱阳离子水洗涤后，催化剂样品记为 DM-3。催化剂性能列于表 3 中。

#### 实例 10

将苏州高岭土 2.2 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 73%）加入到 16.7 公斤脱阳离子水中，搅拌 1 小时，再加入 4.7 公斤的铝溶胶（山东齐鲁公司催化剂厂生产， $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 21.5%），搅拌 1 小时，加入实例 5 制备的 1.1 公斤稀土 Y 型沸石 RHSY-5（固含量 78%），再加入 ZRP 择型分子筛 0.06 公斤（山东齐鲁公司催化剂厂生产，固含量 90%， $\text{Si}/\text{Al}$  50， $\text{Na}_2\text{O} < 1$  w%）搅拌 1 小时，喷雾干燥成型，催化剂样品记为 RC-5。催化剂性能列于表 2 中。

#### 对比例 4

本对比例说明分子筛为 P-REHY 和 ZRP 的催化剂的制备过程。

将苏州高岭土 2.2 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 73%）加入到 16.7 公斤脱阳离子水中，搅拌 1 小时，再加入 4.7 公斤的铝溶胶（山东齐鲁公司催化剂厂生产， $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 21.5%），搅拌 1 小时，加入磷稀土氢 Y 沸石 P-REHY-2（山东齐鲁公司催化剂厂生产，晶胞常数为 2.467nm， $\text{RE}_2\text{O}_3$  为 9w%， $\text{Na}_2\text{O}$  为 1.1w%， $\text{P}_2\text{O}_5$  为 2.0w%，固含量 85%）2.2 公斤，再加入 ZRP 择型分子筛 0.06 公斤（山东齐鲁公司催化剂厂生产，固含量 90%， $\text{Si}/\text{Al}$  50， $\text{Na}_2\text{O} < 1$  w%）搅拌 1 小时，喷雾干燥成型，用脱阳离子水洗涤后，催化剂样品记为 DM-4。催化剂性能列于表 3 中。

#### 实例 11

将苏州高岭土 2 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 83%）加入到 15 公斤脱阳离子水中，搅拌 1 小时，加入 3.9 公斤的硅溶胶（北京长虹中学化工厂生产， $\text{SiO}_2$  含量 15.5%），搅拌均匀，加入实例 4 制备的 1.2 公斤稀土 Y 型沸石 RHSY-4（固含量 78%），搅拌 1 小时，喷雾干燥成型，催化剂样品记为 RC-6。催化剂性能列于表 2 中。

### 实例 12

将苏州高岭土 3.7 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 73%）加入到 20 公斤脱阳离子水中，搅拌 1.5 小时，再加入拟薄水铝石（山东铝厂生产，固含量 65%）1.5 公斤搅拌 1 小时，加入 0.25L 的 HCl（工业级），搅拌 10 分钟，升温 60℃，老化 1 小时，加入实例 4 制备的 1.5 公斤稀土 Y 型沸石 RHSY-4（固含量 78%），搅拌 1 小时，喷雾干燥成型，催化剂样品记为 RC—7。催化剂性能列于表 2 中。

### 实例 13

将苏州高岭土 2.2 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 73%）加入到 12 公斤脱阳离子水中，搅拌 1.5 小时，再加入拟薄水铝石（山东铝厂生产，固含量 65%）1.2 公斤搅拌 1 小时，加入 0.19L 的 HCl（工业级），搅拌 10 分钟，升温 60℃，老化 1 小时，加入实例 5 制备的 0.58 公斤稀土 Y 型沸石 RHSY-5（固含量 78%），搅拌 1 小时，喷雾干燥成型，催化剂样品记为 RC—8。催化剂性能列于表 2 中。

### 对比例 5

本对比例说明分子筛为 REHY 的分子筛的制备过程。

将苏州高岭土 2.3 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 73%）加入到 20 公斤脱阳离子水中，搅拌 1 小时，再加入拟薄水铝石 1 公斤（山东铝厂生产，固含量 65%）搅拌 1 小时，加入 0.2L HCl（工业级）搅拌 10 分钟，升温 60℃，老化 1 小时，再加入 2.3 公斤的铝溶胶（山东齐鲁公司催化剂厂生产， $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 21.5%），搅拌 0.5 小时，加入 REHY（山东齐鲁公司催化剂厂生产，固含量 83%，晶胞常数为 2.469nm， $\text{RE}_2\text{O}_3$  为 8.2w%， $\text{Na}_2\text{O}$  为 4.2w%）2.1 公斤，混合搅拌 1 小时，喷雾干燥成型，用脱阳离子水洗涤后，催化剂样品记为 DM—5。催化剂性能列于表 3 中。

### 对比例 6

本对比例说明分子筛为 REY 的分子筛的制备过程。

将苏州高岭土 1.6 公斤（中国高岭土公司生产，固含量 85%）加入到 16 公斤脱阳离子水中，搅拌 1 小时，再加入拟薄水铝石（山东铝厂生产，固含

量 65%) 1.2 公斤搅拌 1 小时, 加入 0.16L HCl(工业级)搅拌 10 分钟, 升温 60℃, 老化 1 小时, 再加入 1.9 公斤的铝溶胶(山东齐鲁公司催化剂厂生产, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量为 21.5%), 搅拌 0.5 小时, 加入稀土 Y 泡石 REY(山东齐鲁公司催化剂厂生产, 山东铝厂生产, 固含量 65%, 晶胞常数为 2.467nm, RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为 15.7w%, Na<sub>2</sub>O 为 4.2w%) 2.1 公斤, 混合搅拌 1 小时, 喷雾干燥成型, 脱阳离子水洗涤, 催化剂样品记为 DM-6。催化剂性能列于表 3 中。

#### 实例 14

将苏州高岭土 1.6 公斤(中国高岭土公司生产, 固含量 73%)加入到 15 公斤脱阳离子水中, 搅拌 1 小时, 再加入拟薄水铝石(山东铝厂生产, 固含量 65%) 1.2 公斤搅拌 1 小时, 加入 0.19L HCl(工业级)搅拌 10 分钟, 升温 60℃, 老化 1 小时, 再加入 0.7 公斤的铝溶胶(山东齐鲁公司催化剂厂生产, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量为 21.5%), 搅拌 0.5 小时, 加入实例 3 制备的 RHSY-3 泡石 1.27 公斤, 混合搅拌 1 小时, 喷雾干燥成型, 催化剂样品记为 RC-9。催化剂性能列于表 2 中。

表 2

实例	催化剂	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> w%	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> w%	Na <sub>2</sub> O w%	比表面 m <sup>2</sup> /g	氮吸附		磨损 指数
						孔体积	微孔体积	
6	RC-1	42.9	1.4	0.27	266	0.184	0.094	0.2
7	RC-2	47.9	2.4	0.22	268	0.192	0.087	1.2
8	RC-3	40.9	3.1	0.26	290	0.181	0.110	0.2
9	RC-4	55	3.5	0.14	212	0.171	0.55	1.4
10	RC-5	49	3.6	0.17	254	0.190	0.080	1.6
11	RC-6	48	3.0	0.14	260	0.184	0.094	1.4
12	RC-7	50	2.4	0.26	270	0.190	0.090	1.2
13	RC-8	48	1.8	0.21	265	0.194	0.98	1.7
14	RC-9	46.6	2.8	0.28	303	0.203	0.089	2.0

表 3

对 比 例	催化 剂	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> w%	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> w%	Na <sub>2</sub> O w%	比表面	氮吸附		磨损 指数
						孔体积	微孔 体积	
1	DM-1	49.5	1.7	0.35	268	0.178	0.083	2.3
2	DM-2	55	2.5	0.38	263	0.210	0.086	2.4
3	DM-3	51	3.2	0.38	272	0.188	0.073	2.3
4	DM-4	50	3.6	0.32	262	0.199	0.073	1.7
5	DM-5	57	3.2	0.22	260	0.199	0.073	1.8
6	DM-6	57	5.5	0.16	242	0.181	0.067	1.9

以下实例说明本发明催化剂用于各种类型石油烃原料油的裂化性能。

### 实例 15

将本发明催化剂 RC-1、RC-3（稀土 Y 型分子筛含量均为 35 重%）和对比剂 DM-1（分子筛含量为 39 重%）同经 800℃/8h、100%水蒸汽老化处理后，对原料油 I（辽河蜡油，性质见表 5）在反应温度 500℃，空速 12h<sup>-1</sup>，剂油比 5，注水（占原料）10 重%的条件下，进行固定流化床评价，评价结果见表 6。

表 5

原料油 I	
密度, g/cm <sup>3</sup> (20℃)	0.9275
粘度, mm <sup>2</sup> /(50℃)	52.15
(80℃)	14.93
凝固点, ℃	28
残炭, w%	0.25
碱性氮, ppm	795
元素分析, w%	
C	86.6
H	12.04
S	0.32
N	1
族组成, w%	
饱和烃	67.5
芳烃	23
胶质	9.5
沥青质	0
减压馏程, ℃	
初馏点	265
5%	320
10%	343
30%	398
50%	429
70%	455
90%	504

表 6

催化剂编号		RC-3	RC-1	DM-1
产 品 分 布 w%	干气	2.12	2.01	19.0
	液态烃	14.23	13.04	14.05
	汽油	52.38	49.33	47.15
	柴油	17.36	19.57	19.93
	重油	9.57	13.01	13.57
	焦炭	4.24	3.04	3.40
	转化率	73.07	67.42	66.50
	轻质油收率	69.74	68.90	67.08
	液+汽+柴	84.07	81.94	81.13

从表 6 结果可以看出，本发明提供的 RC-1 和 RC-3 催化剂重油转化能力强，未转化重油量均少于对比剂 DM-1，特别是 RC-3 少于对比剂 DM-1 4 个百分点；轻质油收率高于对比剂近 1~2 个百分点，从产品分布看，在相近转化率条件下，汽油、焦炭、干气选择性均好于对比剂，是良好的重油裂化催化剂。

#### 实例 16

将催化剂 RC-1、RC-3 及对比剂 DM-1 同经 800℃/4h、100%水蒸汽老化处理后，在反应温度 500℃，剂油比 5 条件下，进行固定流化床反应，原料油 II（武汉混三掺渣油，性质见表 7），粗切汽油进行色谱 PNOA 法分析，其汽油族组成见表 8。

表 7

原料油 II	
密度, g/cm <sup>3</sup> (20℃)	0.9070
粘度, mm <sup>2</sup> /(80℃)	17.17
苯胺点, ℃	95.8
倾直, ℃	43
折光度, 20℃	1.5217
康氏残炭, w%	3.1
碱性氮, ppm	1010
元素分析, w%	
C	86.37
H	12.53
S	0.80
N	0.29
Ni, ppm	7.0
V, ppm	0.8
馏程, ℃	
初馏点	241
10%	347
30%	413
50%	450
70%	493
80%	535
90%	-

表 8

催化剂	正构烷烃 NP	异构烷烃 ZP	烯烃 O	环烷烃 N	芳烃 A	辛烷值 RON
DM-1	5.55	39.41	33.34	8.26	13.34	90.1
RC-1	4.79	51.59	17.3	8.26	18.06	91.4
RC-3	5.51	55.14	12.97	6.26	20.12	90

从表 8 结果可以看出，本发明提供的催化剂 RC-1 和 RC-3 具有明显的降低汽油中的烯烃含量的作用，其汽油中烯烃含量分别可达到 17.3% 和 12.97%，低于对比剂 DM-1 的 33.4%；RC-1 和 RC-3 异构烷烃的含量分别为 51.59% 和 55.14%，高于对比剂的 39.41%，保持了较高的辛烷值，是理想的降烯烃催化剂。

### 实例 17

将本发明提供的催化剂 RC-2 及对比剂 DM-2 同经 800℃/4h、100%水蒸汽老化处理后，对原料油 III（辽河鞍山蜡油，性质见表 9），在反应温度 510℃，空速 20h<sup>-1</sup>，剂油比 5 条件下，进行固定流化床评价，评价结果见表 10。

表 9

原料油 III	
密度, g/cm <sup>3</sup> (20℃)	0.9268
粘度, mm <sup>2</sup> /(100℃)	9.072
凝固点, ℃	+31
苯胺点, ℃	78.5
残炭, w%	0.27
饱和烃, w%	62.0
芳烃, w%	26.6
胶质, w%	11.3
沥青质, w%	0.1
馏程类型	D1160
元素分析, w%	
C	87.03
H	12.15
S	0.26
N	0.28
碱性氮, ppm	865
初馏点	264
5%	320
10%	350
30%	411
50%	444
70%	468
90%	515

表 10

催化剂编 号 分析项目		RC-2	DM-2
产品分布 w%	干气	2.0	2.0
	液化气	12.8	14.8
	C <sub>3</sub> =+C <sub>4</sub> =	8.0	9.2
	汽油	50.5	47.2
	柴油	21.5	22.0
	重油	7.8	9.1
	焦炭	4.9	4.5
	转化率	70.2	68.5
	RON	89.0	89.4
	正构烷	4.23	4.39
	异构烷	43.23	40.49
	烯烃	19.05	25.04
	环烷	8.23	9.43
	芳烃	25.28	20.65
	MA	82	77

从表 10 可以看出, 本发明提供的催化剂 RC-2(分子筛含量为 35 重%) 相比于对比剂 DM-2(两种分子筛, 含量为 41 重%), 重油转化能力强, 轻质油收率高于对比剂近 2.8 个百分点, 在汽油辛烷值相当情况下, 烯烃含量降低了 6 个百分点, 具有降烯烃性能。

### 实例 18

将本发明提供的催化剂 RC-2、RC-9 及对比剂 DM-2 同经 800℃/12h、100%水蒸汽老化处理后, 在反应温度 500℃, 空速 10h<sup>-1</sup>, 剂油比 6 条件下, 对一种劣质化的原料油 IV (辽河蜡油:辽河焦蜡:大庆减渣=55:20:25, 性质见表 11), 进行固定流化床评价, 结果见表 12。

将 RC-9、DM-2 催化剂进行固定流化床粗切汽油 PNOA 分析, 见表 13。

表 11

原料油 IV	
密度, g/cm <sup>3</sup> (20 °C)	0.9213
残炭, w%	23
凝固点, °C	33.0
粘度, mm <sup>2</sup> /(80 °C)	14.00
折光指数, (70 °C)	1.4974
苯胺点, °C	97.2
元素分析, w%	
C	86.86
H	12.29
S	0.24
N	0.31
族组成, w%	
饱和烃	56.0
芳烃	27.8
胶质	16.2
沥青质	0.0
金属含量, m%	
Fe	5.0
Ni	3.6
Cu	<0.1
V	<0.1
Ca	2.5
减压馏程, °C	
初馏点	212
5%	329
10%	363
30%	422
50%	458
70%	518

表 12

催化剂编号	RC-2	RC-9	DM-2
重时空速, $\text{h}^{-1}$	10.0	9.8	9.8
H <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>	2.01	2.01	1.69
C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub>	14.64	13.91	15.33
汽油(C <sub>5</sub> -221°C)	54.94	57.80	52.86
柴油(221-300°C)	12.92	11.52	12.97
重油 (重油 °C)	8.15	7.04	9.73
焦炭	7.34	7.72	7.42
转化率, w%	78.93	81.44	77.30
轻质油收率, w%	67.86	69.32	65.83
产品选择性			
H <sub>2</sub> -C <sub>2</sub> , 转化率	0.026	0.025	0.022
C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub> , 转化率	0.185	0.171	0.198
汽油, 转化率	0.696	0.710	0.684
焦炭, 转化率	0.093	0.095	0.096
辛烷值(色谱法)			
MON	78.7	78.1	78.6
RON	89.4	88.6	89.1

从表 12 结果看，在催化剂载体相同，本发明提供的催化剂 RC-2、RC-9 分子筛含量（分别为 34% 和 35%）低于 DM-2（41%）的情况下，其重油裂化能力均强于对比剂 DM-2，且轻质油收率高于对比剂近 2~3.5 个百分点，汽油和焦炭选择性均好于对比剂。

表 13

催化剂 \ 汽油族组成, w%	烷烃	烯烃	环烷烃	芳烃
DM-2	38.49	26.12	10.30	25.09
RC-9	42.55	22.59	9.65	25.21

从表 13 可以看出，本发明提供的催化剂在原料油劣质化条件下也具有烃降烯烃性能。

### 实例 19

将本发明提供的催化剂 RC-4 及对比剂 DM-5、DM-6 同经 800℃/4h、100%水蒸汽老化处理后，在温度 520℃；空速 30h<sup>-1</sup>，剂油比 4 反应条件下对原料油 V（大庆常渣：阿曼=20: 80）进行固定流化床评价，结果见表 14。

表 14

分析项目		催化剂编号	RC-4	DM-5	DM-6
分子筛 w%	类型	RHSY	REHY	REY	
	相对含量, %	35	35	35	
	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , w%	3.5	2.8	5.5	
	干气	1.6	2.0	1.9	
	液态烃	12.0	12.4	11.7	
	汽油	49.2	48.2	49.0	
	柴油	21.4	20.8	21.1	
	重油	9.6	9.5	9.0	
	焦炭	5.7	6.6	6.7	
	转化率	68.5	69.2	69.3	
产品分布		汽+柴	70.6	69	70.1
		汽+柴+液	82.6	81.4	81.8
		RON	88.3	89.5	89.9
		烯烃	25.82	27.65	23.69

从表 14 结果看出，本发明提供的催化剂与含 REHY 的 DM-5 和含 REY 的 DM-6 相比，在转化率基本相同情况下，在轻质油收率较高，具有降烯烃性能，其突出特点是焦炭选择性好。

### 实例 20

将本发明提供的催化剂 RC-4 及对比剂 DM-3（专用降烯烃催化剂）同经 800℃/8h、100%水蒸汽老化处理后，在反应温度 500℃，空速 30h<sup>-1</sup>，剂油比 4 条件下，对原料油 VI（大庆常渣，性质见表 15），进行固定流化床评价，结果见表 16。

表 15

原料油 VI	
密度, g/cm <sup>3</sup> (20°C)	0.8906
粘度, mm <sup>2</sup> /(80°C)	44.18
mm <sup>2</sup> / (80°C)	24.84
凝固点, °C	43
苯胺点, °C	>105
康氏残炭, w%	4.3
碳氧比, mol/mol	0.55
溴价, gBr/100g	3.6
折光指数, n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	1.4957
元素分析, w%	
C	86.54
H	13.03
S	0.3
N	0.13
族组成, w%	
饱和烃	51.2
芳烃	29.7
胶质	18.3
沥青质	0.8
馏程, °C	
初馏点	
5%	282
10%	351
30%	370
50%	482
70%	353

表 16

分析项目 催化剂编号	RC-4	DM-4
RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , w%	3.2	3.6
液态烃	11.2	15.5
汽油	51.9	50.1
柴油	19.5	19.1
重油	8.9	7.3
焦炭	7.6	7.5
转化率	71.1	73.1
汽油+柴油	71.4	69.2
RON	86.3	89.0
正构烷	5.30	4.28
异构烷	45.61	43.05
烯烃	28.33	33.95
环烷	10.64	9.70
芳烃	10.12	9.03
MA	69	73

从表 16 看，表明本发明催化剂 RC-4 在分子筛含量低于对比剂 DM-4 5 个百分点且不含 ZRP 分子筛的情况下，其重油转化能力强，轻质油收率高于对比剂近 2 个百分点，烯烃含量较对比剂降低 5 个百分点，具有降烯烃性能。

#### 实例 21

将本发明催化剂 RC-5、RC-6、RC-7 及对比剂 DM-3 同经 800℃/17h、100%水蒸汽老化处理后，经重油微反评价，结果见表 17。

表 17

催化剂编号 分析项目		RC-5	RC-6	RC-7	DM-3
分子筛含量(相对值)		0.60	0.75	0.60	基准*
产品分布 w%	气体	19.8	19.5	19.0	23.4
	汽油	53.0	53.2	54.8	47.5
	柴油	187.4	16.9	16.6	17.1
	焦炭	1.6	1.6	1.7	1.5
	重油	8.2	8.8	7.9	10.5
	转化率	74.4	74.3	75.5	72.4
轻质油收率		70.4	70.1	71.4	64.6
$C_4^0/C_4^=$		1.19	1.05	1.0	0.81

\*：基准为 40%。

从表 17 的结果表明，本发明提供的催化剂，在沸石含量明显低于对比剂时，仍有好的重油转化能力，轻质油收率高于对比剂 5.5~6.8 个百分点，特别是氢转移活性指数  $\Sigma C_4^0/\Sigma C_4^=$  均高于对比剂，这表明本发明催化剂的降烯烃性能优于常规的降烯烃催化剂。

### 实例 22

将本发明提供的催化剂 RC-1、RC-9 与对比剂 DM-4 在同一条件下 800℃ /4h、800℃/8h、800℃/17h、100%水蒸汽老化处理后，经氮吸附 BET 比表面测定结果作图。

从附图可以看到，本发明催化剂比表面保留度高，表明本发明催化剂具有好的水热稳定性。

### 实例 23

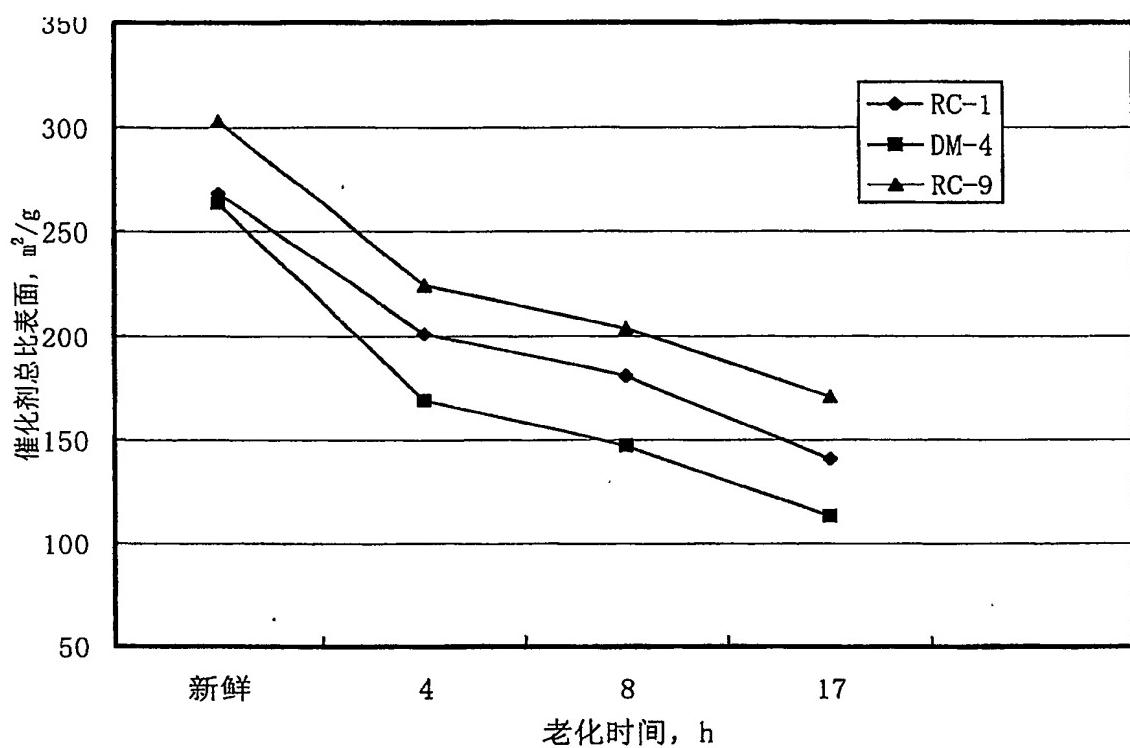
将本发明提供的催化剂 RC-1、RC-3、RC-4、RC-8 与对比剂 DM-1、DM-5、DM-6 同在 800℃/17h、100%水蒸汽老化处理后，用 X 光衍射仪测定催化剂中沸石的晶胞常数，结果见表 18。

表 18

催化剂编号	RC-1	RC-3	RC-4	RC-8	DM-2	DM-5	DM-6
轻油微反活,MAT	69	65	66	64	56	59	58
晶胞常数, nm	2.436	2.432	2.433	2.430	2.424	2.426	2.427

从表 18 结果看出，本发明提供的催化剂晶胞常数均大于 2.430nm，而对比剂的晶胞常数均 < 2.430nm，表明本发明提供的催化剂具有好的水热稳定性和结构稳定性。

## 说 明 书 附 图



图

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**